Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 2, June. July. 2020, p. 193- 205

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 2، خرداد- تیر 1399 ص. 205-193

تاثیر محلول‌های نمک و شکر بر روی خصوصیات کیفی، میکروبی و حسی فیش فینگر ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthysmolitrix*) طی نگهداری در یخچال ($4^{\circ}C$)

مهری ذوالفقاری[1]- اسحق زکی‌پور رحیم‌آبادی[2]*- مهین ریگی[3]- مجید علیپور[4]

تاریخ دریافت: 1398/04/19
تاریخ پذیرش: 1398/04/29

چکیده

هدف این مطالعه بررسی اثر نگهدارندگی محلول‌های نمک- شکر بر کیفیت فیش فینگرهای تهیه شده از فیله کپور نقره‌ای هنگام نگهداری در یخچال ($4^{\circ}C$) بود. برای این منظور، ابتدا فیله‌ها با محلول‌های رقیق 10 درصد نمک و شکر تیمار گردیده و پس از آن، اقدام به تهیه فیش فینگر گردید. تیمارهای تحقیق عبارت بودند از: فیش فینگرهای بدون تیمار با محلول نمک و شکر (شاهد)، فیش فینگرهای تیمار شده با محلول نمک/ شکر (به نسبت 50:50، تیمار 1)، فیش فینگرهای تیمار شده با محلول نمک/ شکر (به نسبت 25:75، تیمار 2) و فیش فینگرهای تیمار شده با محلول نمکی (تیمار 3). نمونه‌ها سپس در بسته‌های پلاستیکی بسته‌بندی شده و به مدت 15 روز در یخچال نگهداری گردیدند. شاخص‌های شیمیائی، میکروبی (TVCو PTC) و ارزیابی حسی (بافت، بو، طعم، رنگ و مطلوبیت کل) در روزهای صفر، 3، 6، 9، 12 و 15 اندازه‌گیری گردیدند.نتایج نشان دادند که مقدار پراکساید، تیوباربیتوریک اسید و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$). نمونه‌های تیمار شده با محلول شکر دارای مقدار TBA اولیه کمتری در مقایسه با سایر نمونه‌ها بودند. کمترین میزان بار باکتریایی کل در روز 15ام نگهداری در یخچال در تیمار شماره 2 مشاهده گردید (Log CFU/g 5/8). مقادیر بار باکتریایی در تمامی تیمارها تا پایان روز 15 ام، از حد قابل قابل پیشنهادی، تجاوز نکرد. بر اساس نتایج اخذ شده، تیمار محصولات شیلاتی با محلول‌های نمک و شکر، باعث افزایش زمان ماندگاری آن‌ها می‌گردد. همچنین، بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی، تیمار شماره 2 به‌عنوان بهترین تیمار به لحاظ مقبولیت فاکتورهای حسی توسط ارزیاب‌ها انتخاب گردید. زمان ماندگاری مطلوب برای تیمار 2، 15 روز تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: کپور نقره‌ای، فیش فینگر، خصوصیات کیفی، نمک، شکر

مقدمه

امروزه تغییرات شاخص‌های اقتصادی- اجتماعی در بسیاری از کشورها، از جمله افزایش اشتغال زنان، افزایش سطح درآمد و افزایش سطح آگاهی آن‌ها، تمایل افراد به استفاده از غذاهای آماده مصرف[5] را افزایش داده و این مسئله در بخش آبزیان، که دارای ارزش غذایی بسیار بالایی بوده و به غذایی سلامتی معروف گردیده اند، نیز مشهود می‌باشد (Bochi *et al.*, 2008). به‌همین سبب، ضرورت توجه به تنوع بخشی در محصولات شیلاتی و همچنین توجه به حفظ کیفیت محصولات غذایی شیلاتی در بین تولیدکنندگان این بخش بخوبی مشخص گردیده است (Shevik-Lou, 1999). در این بین محصولات تولیدی از گوشت چرخ شده، به سبب استفاده بهینه از تولیدات آبزی‌پروری و ماهیان صید شده، به‌کارگیری ضایعات مراکز عمل‌آوری از جمله کارگاه‌های فیله‌کنی ماهیان، تبدیل مواد اولیه ارزان قیمت به محصولاتی با ارزش افزوده و قابلیت شکل‌دهی مواد اولیه و اضافه نمودن مواد افزودنی برای تولید محصولاتی همچون فیش فینگر و سایر محصولات با قابلیت نگهداری طولانی مدت از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد(Yu and Siah, 1998). فیش فینگر از جمله فرآورده‌های نیمه آماده تولید شده از ماهی و سایر آبزیان می‌باشد که دارای ارزش غذائی بالا و بازارپسندی مطلوبی است (Al-bulushi *et al.*, 2005)، و برای نمونه، باید ذکر گردد که این محصول به تنهایی حدود 25 درصد از تولیدات محصولات شرکت‌های شیلاتی در کشور آلمان را به‌خود اختصاص داده است (Schubring, 1999).

ماهی در مقایسه با دیگر غذاهای گوشتی نسبتا فسادپذیرتر می‌باشد. به همین سبب، تحقیقات قابل توجهی بر بهبود کیفیت ماهی

1- دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
2- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان
3- عضو هیات علمی، پژوهشکده تالاب بین المللی هامون، دانشگاه زابل
4- دانشیار گروه دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه زابل
(*-نویسنده مسئول: (Email: e_zakipour@yahoo.com
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.81835
5 Ready to eat

و افزایش زمان ماندگاری محصولات شیلاتی متمرکز شده‌اند، که از جمله آن‌ها می‌توان به استفاده از فیلم‌های خوراکی (Rodriguez-Turienzo *et al*., 2011; Song *et al*., 2011)، اتمسفر تغییریافته (Song *et al*., 2012)، انجماد (Özogul *et al*., 2000)، کنترل درجه حرارت و کاهش آن (Lin and Lin, 2005) اشاره نمود. نگهداری در یخچال از روش‌هایی است که در مراکز عرضه ماهی یا جهت انتقال ماهی از مراکز پرورش تا مراکز فروش به‌کار می‌رود. اگرچه، دمای یخچال می‌تواند سبب کاهش سرعت فعالیت‌های آنزیمی و شیمیایی و فعالیت موجودات ذره‌بینی گردد، اما قادر به جلوگیری از تغییرات نامطلوبی از جمله اکسیداسیون و هیدرولیز چربی نبوده و کیفیت محصولات در طی نگهداری در یخچال به مرور کاهش می‌یابد (Rezaei *et al*., 2003; Pérez-Alonso *et al*., 2003).

از روش شور کردن به‌عنوان یک روش سنتی برای نگهداری محصولات شیلاتی جهت جلوگیری از رشد میکروب‌ها و افزایش ماندگاری این محصولات استفاده می‌گردد. علاوه بر ویژگی حفاظتی، نمک مزه مطلوبی را برای ماهی و محصول شور شده فراهم می‌نماید. شور کردن از طریق کاهش فعالیت آب[1]، کاهش قابلیت دسترسی محصول برای حمله میکروبی و افزایش خصوصیات عملکردی پروتئین، زمان ماندگاری ماهی را بهبود می‌بخشد (Yanar *et al*., 2006). اگرچه، نمک سبب افزایش زمان ماندگاری گوشت می‌گردد، ولی تماس ماهی با غلظت‌های بالای نمک، آبزدائی پروتئین‌های عضله را افزایش داده، تعادل پروتئین- پروتئین و واکنش‌های پروتئین- آب را تغییر می‌دهد (Jittinandana *et al*., 2002). علاوه بر این، مقادیر بالای نمک در فرآورده نمک سود به روش سنتی، مصرف‌کنندگان این فرآورده را محدود و تعداد آن‌ها را کاهش می‌دهد. اخیرا سازمان بهداشت جهانی[2] کاهش مصرف نمک را به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش بیماری قلبی- عروقی اعلام کرده است (Burt, 2004). اما کاهش میزان نمک در فرآورده نمک سود، نیاز به استفاده از روش‌های دیگر محافظت‌کنندگی را افزایش می‌دهد. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیب شکر و کلرید سدیم می‌تواند مزایای هر دو ترکیب، مثل کاهش رطوبت بیشتر با نرخ اشباعیت کمتر را بهبود ببخشد (Bohuon *et al*., 1998; Collignan and Raoult-Wack, 1994)، همچنین افت کیفیت پروتئین ماهی را کمتر می‌کند. جذب نمک به‌طور خاص با حضور شکر کاهش‌یافته که این اثر بازدارنده شکر بر نفوذ نمک در میوه‌ها و سبزی‌ها (Bolin *et al*., 1983) و تولیدات حیوانی به اثبات رسیده است (Favetto *et al*., 1981; Collignan and Raoult-Wack, 1994). این تاثیر به دلیل تشکیل یک پوشش بسیار غلیظ شکر بر محصولات غذایی است (Collignan *et al*., 2001).

از آنجائیکه ساکارز یک ترکیب معمول در بافت‌های حیوانی نیست، لذا نفوذپذیری سلول عضله نسبت به ساکارز خیلی پائین است. ساکارز موجب استحکام میوفیبریلهای عضله ماهی می‌شود (Park and Lanier, 1987)، قدرت ژلی ژلاتین ماهی را بهبود بخشیده (Koli *et al*., 2011)، به‌عنوان محافظت‌کننده در سوریمی منجمد (Auh *et al*., 1999) و غیره کاربرد دارد. ساکارز از طریق عمل متقابل با طعم ناخوشایند نمک، طعم مطلوبی برای ماهی ایجاد می‌کند. از سویی دیگر افزایش اندک در وزن مولکولی ذرات جامد حل شونده، تعداد این ذرات را برای یک کاهش آب برابر، کم کرده در نتیجه کاهش وزن بزرگتری را باعث می‌گردد.بنابراین محلول‌های ساکارز در مقابل محلول‌های کلریدسدیم، کاهش بزرگتری در محتوی رطوبت با نرخ اشباعیت کمتر طی فرآیند آبزدائی اسمزی گوشت فراهم می‌کنند (Collignan and Raoult-Wack, 1994; Hong *et al*., 2012; Tsironi *et al*., 2009).

از آنجایی‌که تاثیر تیمار با محلول‌های نمک و شکر بر خصوصیات کیفی، فقط بر فیله ماهی مورد بررسی قرار گرفته است و تاثیر آن بر روی محصولات ثانویه نظیر گوشت چرخ شده و محصولات آن مطالعه‌ای نگردیده است و با توجه به اینکه زمان ماندگاری ماهی و محصولات آن در یخچال نسبتا کوتاه بوده و تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف غذاهای آماده مانند فیله‌های فرآوری شده و چاشنی زده افزایش یافته است، لذا در مطالعه حاضر، هدف بررسی تاثیر تیمار فیله ماهی کپور نقره‌ای با غلظت‌های کم نمک و شکر بر تغییرات کیفی فیش فینگرهای تهیه شده از آن طی 15 روز نگهداری در دمای 4°C بوده است.

مواد و روش‌ها

تعداد 10 عدد ماهی فیتوفاگ تازه و یکدست با وزن متوسط 1/5 کیلوگرم از بازار ماهی فروشان زابل در اردیبهشت ماه 1393 تهیه گردید و در جعبه‌های یونولیت به همراه پودر یخ به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه زابل منتقل گردیدند. به محض انتقال به آزمایشگاه، ماهیان با آب شیر شسته شده و پس از تخلیه شکمی مجددا شستشو شدند. کار جداسازی پوست، فیله کردن و جداسازی گوشت از استخوان‌ها دستی صورت گرفت. سپس فیله‌هایی با ابعاد 1× 5 × 5 سانتی‌متر تهیه گردید. این فیله‌ها به مدت 30 دقیقه در محلول‌های 10 درصد نمک- شکر (4 درجه سانتی‌گراد) با نسبت 5 به 1غوطه‌ور شدند و سپس از محلول خارج گردیده و به مدت 15 دقیقه در همان دما بر روی توری جهت آبچک قرار گرفتند. تیمارهای تحقیق عبارت بودند از: فیش فینگرهای تهیه شده از فیله بدون تیمار با محلول نمک و شکر (شاهد)، فیش فینگرهای تهیه شده از فیله تیمار شده با محلول 10 درصد نمک/ شکر (به نسبت

1 Water activity

2 Word Heaith Organization

50:50، تیمار 1)، فیش فینگرهای تهیه شده از فیله تیمار شده با محلول 10 درصد نمک/ شکر (به نسبت 25:75، تیمار 2) و فیش فینگرهای تهیه شده از فیله تیمار شده با محلول 10 درصد نمک/ شکر (به نسبت 0:100، تیمار 3). تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام گردید.

آماده‌سازی فیش فینگر

فیله‌ها توسط دستگاه چرخ گوشت (پارس خزر، ایران) با قطر منفذ 4 میلی‌متر چرخ شدند، سپس با مخلوط‌کن (پاناسونیک، ژاپن) به‌خوبی با یکدیگر مخلوط شدند. گوشت چرخ شده با افزودنی‌ها به‌خوبی هموژن شده، خمیر حاصل پهن گردید (جدول 1). فیش فینگرهایی با ابعاد 1 ×2 × 5 سانتی متر با استفاده از قالب‌های موجود تهی گردیدند. در مرحله بعد، فرآیند لعاب‌زنی (حاوی 30% آرد گندم، 10% آرد ذرت و 60% آب سرد) انجام شد و پس از پوشش دادن، محصول برای مدت دو ساعت در یخچال قرار داده شد. در مرحله بعد فیش فینگرها درروغن با درجه حرارت 180 درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه سرخ شدند (Tokur *et al.*, 2006). در نهایت فیش‌فینگرها بسته‌بندی و به مدت 15 روز در یخچال (4°C) نگهداری گردیدند.

جدول 1- فرمولاسیون و اجزاء تشکیل‌دهنده فیش فینگر حاصل از گوشت چرخ شده، سوریمی و قطعات فیله (Elyasi, 2009)

ردیف	ترکیبات	درصد اجزاء
1	گوشت ماهی	93/5
2	نمک	1/5
3	شکر	1
4	فلفل	0/243
5	زیره سبز	0/243
6	پودر پیاز	0/243
7	پودر سیر	0/243
8	آرد گندم	3
9	آویشن	0/2

آزمون‌های شیمیایی

برای اندازه‌گیری pH از pHمتر دیجیتال استفاده گردید (Sallam *et al.*, 2004).از روش تیتراسیون برای اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (Total Volatile Basic Nitrogen) استفاده گردید (AOAC, 2000). مقدار پراکسید (Peroxide value) طبق روش Egan و همکاران (1997) سنجش شد. برای این منظور، ابتدا مقدار 0/3 گرم چربی داخل یک فلاسک شیشه‌ای ریخته و با اضافه کردن 10 میلی‌لیتر حلال (کلروفرم- اسید اتیک) همراه با تکان دادن حل گردید. سپس، مقدار 1 میلی‌لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم به آن اضافه گردیده و بلافاصله درب آن بسته شده و به مدت 5 دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. بعد از طی این زمان، مقدار 20 میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردیده و تکان داده شد. نمونه‌ها سپس با تیوسولفات سدیم 0/01 نرمال تا ناپدید شدن رنگ زرد توسط بورت دیجیتالی تیتر گردید. در ادامه، 1 میلی‌لیتر از محلول 1/5 درصد نشاسته به نمونه اضافه شده و عملیات تیتراسیون ادامه یافت. همزمان یک تست بدون چربی نیز انجام گردید. تیوباربیتوریک اسید به روش رنگ‌سنجی طبق روش Namulema و همکاران (1999) اندازه‌گیری گردید.

آزمون‌های میکروبی

10 گرم از نمونه در 90 میلی‌لیتر از محلول 0/85 درصد NaCl مخلوط و هموژن شده و متعاقب آن رقت‌های مورد نیاز تهیه شد. یک میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش کشت سطحی در محیط تریپیک سویا آگار (TSA)[1] قرار گرفت. در صورت نیاز (بالا بودن تعداد باکتری‌ها در یک پلیت) رقیق‌سازی نمونه‌ها (تا رقت نهایی 6) در محلول سرم فیزیولوژی انجام شد. پلیت کانت‌های کشت داده شده مربوط به کل باکتری‌ها بعد از 48 ساعت انکوباسیون در 37 درجه سانتی‌گراد شمارش شدند و پلیت‌های مرتبط با باکتری‌های سرمادوست بعد از 10 روز انکوباسیون دردمای 7 درجه سانتی‌گراد شمارش شدند (Sallam, 2007).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی فیله‌ها به روش هدونیک (ASTM, 1969) انجام گرفت. پس از پخت نمونه‌ها در روغن، ویژگی‌های رنگ، بو، بافت، طعم و پذیرش کلی توسط ارزیاب‌ها مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌ها از 7- صفر امتیاز بندی شدند: عالی= 7، خوب= 5، متوسط= 3، بد= صفر.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه16 استفاده گردید. برای بررسی تاثیر تیمارها بر فیله‌ها و بررسی تاثیر تیمارها و زمان نگهداری در یخچال از آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون Tukey وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد تعیین شد. برای آنالیز حسی نیز از آزمون کوروسکال والیس استفاده گردید.

1 Tryptic soy agar

نتایج و بحث

pH

جدول 2 تغییرات pH فیش فینگرهای کپور نقره‌ای طی دوره 15 روزه را نشان می‌دهد. مقدار pH اولیه درتیمار 1در روز صفر 6/71 می‌باشد که با نتایج به‌دست آمده توسط Asgharzadeh و همکاران (2010) و Zakipour Rahimabadi و Divband (2012) که بر روی فیله ماهی کپور نقره‌ای انجام دادند مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهد که مقادیرpH تا روز 9روند کاهشی داشته، دلیل کاهش جزئی pH در ابتدای دوره ممکن است ناشی از عدم حلالیت CO_2 در نمونه‌های ماهی باشد (تجمع CO_2) که به موجب افزایش CO_2، pHکاهش می‌یابد (Goulas and Kontominas, 2005)، چنین نتیجه‌ای در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است (Tiffney and Mills, 1982; Manju *et al*., 2007). در مراحل بعدی افزایش میزان pH مشاهده می‌گردد که به دلیل تولید بازهای آلی فرار (TVB-N) توسط باکتری‌ها می‌باشد (Goulas, and Kontominas, 2005; Yatsunami and Takenaka, 1996). روند کاهش یا افزایش pH درتیمارهای حاوی شکر (تیمار 2 و 3) نسبت به تیمار 1 و تیمار 4 کندتر بود، در واقع تیمار 2 پائین‌ترین مقدار pH را در انتهای دوره دارا بود (6/73)، که ممکن است به علت گلیکولیز شکر یا رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک باشد، این باکتری‌ها با ممانعت از رشد دیگر باکتری‌ها به کاهش pH عضله کمک کرده و همچنین به‌عنوان تولیدکننده متابولیت‌های بافری اولیه عمل می کنند (Calo-Mata *et al*., 2008). مقادیر پایین‌تر pH در تیمارهای 2 و 3 منجر به مهار رشد میکروبی و فعالیت آنزیم پروتئاز در درجات مختلف شده که افزایش زمان نگهداری محصول را به دنبال دارد. مقدار pH در تیمار 4 نسبت به تیمار 1 پائین‌تر بود. رضوی شیرازی (2002) بیان کرده است که افزودن نمک به گوشت باعث کاهش pH به میزان 0/1 تا 0/2 واحد می‌شود که به علت جایگزینی یون سدیم (Na^+) در سطح پروتئین و آزاد شدن یون هیدروژن (H^+) می‌باشد.

جدول 2- تغییرات مقادیر pH در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	$6/71 \pm 0/15^{Ab}$	$6/63 \pm 0/02^{Bb}$	$6/70 \pm 0/03^{Ab}$	$6/70 \pm 0/01^{Ab}$
3	$6/63 \pm 0/01^{Ad}$	$6/31 \pm 0/01^{Bc}$	$6/40 \pm 0/04^{Bd}$	$6/36 \pm 0/12^{Bd}$
6	$6/53 \pm 0/01^{Ad}$	$6/34 \pm 0/02^{Bc}$	$6/39 \pm 0/06^{Bc}$	$6/40 \pm 0/00^{Bc}$
9	$6/35 \pm 0/01^{Ad}$	$6/14 \pm 0/10^{Bd}$	$6/25 \pm 0/02^{ABd}$	$6/30 \pm 0/01^{Ac}$
12	$6/71 \pm 0/04^{Ac}$	$6/53 \pm 0/04^{Bb}$	$6/50 \pm 0/01^{Bcd}$	$6/58 \pm 0/06^{Bbc}$
15	$6/85 \pm 0/02^{Aa}$	$6/73 \pm 0/01^{Aa}$	$6/75 \pm 0/01^{Aa}$	$6/80 \pm 0/05^{Aa}$

داده‌های جدول شامل میانگین± انحراف معیار است. (n= 3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش pH

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر pH

بازهای نیتروژنی فرار

مجموع بازهای نیتروژنی فرار TVB-N از آمونیاک و آمین‌های فرار تشکیل شده است که به‌عنوان یکی از نشانگرهای اصلی تخریب و تجزیه گوشت محسوب می‌شود (Yilmaz *et al*., 2009). جدول 3 اثر تیمار محلول‌های نمک- شکر را بر محتوای TVB-N در نمونه‌های فیش فینگر نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. مقادیر TVB-Nدر تمامی تیمارها طی دوره نگهداری روند افزایشی داشت ($p<0/05$)، افزایش مجموع بازهای نیتروژنی فرار طی دوره نگهداری را می‌توان با فعالیت‌های باکتریایی مولد فساد و آنزیم‌های درونی مرتبط دانست (Yilmaz *et al*., 2009). از آنجا که مجموع بازهای نیتروژنی فرار به‌طور عمده در اثر تجزیه باکتریایی گوشت ماهی ایجاد می‌شود، افزایش بار باکتریایی طی دوره را نیز می‌توان دلیلی برای این مورد دانست (Ojagh *et al*., 2010). با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول 3 یک کاهش در مقادیر TVB-N در روز 9 دوره مشاهده می‌شود که علت این کاهش خروج ترکیبات نیتروژن‌دار از بافت ماهی در اثر از دست دادن خونابه می‌باشد (Huidobro *et al*., 2001). تشکیل TVB-Nدر گوشت ماهی به‌طور عمده نتیجه شکستن پروتئین است که مربوط به فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی پروتئولیتیک می‌باشد (Yasin and Abou-Taleb, 2007). در مطالعه حاضر TVB-N اولیه در فیش فینگر تیمار1، 10/30 mg/100g بود.سرعت افزایش TVB-N در تیمار دوم نسبت به دیگر تیمارهای آزمایش کمتر بود این موضوع می‌تواند به علت تولید اسیدهای آلی مثل اسید استیک باشد که به هنگام مصرف شکر توسط باکتری‌های تولیدکننده اسید باعث خنثی کردن ترکیبات نیتروژنی فرار می‌گردد (Hong *et al*., 2012). بیشترین میزان TVB-Nدر تیمار 1 دیده شد ($p<0/05$). تیمار 4 نسبت به تیمار 2 و 3 مقادیر TVB-Nبالاتری داشت که افزایش میزان بازهای آلی فرار در تیمار 4ممکن است با فعالیت باکتریایی و آنزیمی به‌خصوص رشد باکتری‌های نمک دوست (هالوفیل) در ارتباط باشد، به این صورت

که کاتابولیسم اسیدآمینه توسط باکتری در عضله ماهی منجر به تشکیل آمونیاک و دیگر بازهای آلی فرار می‌شود (Fraser and Sumar, 1998). هرگاه مقدار TVB-N در ماهی از 20 میلی‌گرم در 100 گرم نمونه کمتر باشد می‌توان آن را قابل مصرف محسوب کرد و زمانی که میزان آن از 30 میلی‌گرم در 100 گرم گوشت بیشتر شود فرآورده غیرقابل مصرف است (Tokur *et al*., 2006; Kim and Lee, 1986). در مطالعه حاضر مقادیر TVB-N تنها در تیمار 2 تا پایان دوره از حد مجاز بالاتر نرفته و همچنان قابل مصرف بود.

جدول 3- تغییرات مقادیر TVB-N (میلی‌گرم در 100 گرم گوشت ماهی) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	10/30±0/81Ad	10/25±0/81Ad	10/30±0/81Ad	11/13±0/81Ad
3	11/13±0/50Bcd	10/30±0/81Bc	12/33±0/94ABd	14/40±0/90Acd
6	14/20±1/06Bc	12/13±0/81Bbc	16/33±0/81ABc	17/33±0/61Ac
9	12/00±0/90Acd	6/53±0/81Bd	6/80±1/07Be	14/13±1/60Acd
12	21/53±1/74Ab	14/40±0/90Bb	21/80±1/91Ab	24/13±1/40Ab
15	28/13±1/53ABa	20/53±0/94Ca	25/80±1/20Ba	27/20±1/40Aa

داده‌های جدول شامل میانگین± انحراف معیار است. (n= 3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش TVB-N

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری برTVB-N

پراکسید

مدت زمان نگهداری گوشت به علت ترکیب بیولوژیکی آن، حتی در شرایط یخچالی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد و سریعا دچار آلودگی میکروبی و شیمیایی می‌گردد، که می‌تواند علاوه بر خطرات بهداشتی باعث ایجاد تغییرات نامطلوب در خصوصیات کیفی آن از قبیل طعم و بو، رنگ، بافت و کاهش ارزش غذایی و نهایتا کاهش ماندگاری آن گردد (Davidson and Zivanivic, 2003). پراکسیدها، در مرحله اول اکسیداسیون به‌واسطه اتصال اکسیژن به پیوند دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌شوند (Cadun *et al*., 2008)، به همین دلیل اکسیداسیون اولیه چربی با استفاده از اندازه‌گیری میزان پراکسید ارزیابی می‌شود (Cadun *et al*., 2008).

جدول 4- تغییرات مقادیر PV (میلی‌اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی ماهی) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	3/00±0/30Ac	1/70±1/22Ac	2/32±0/30Ac	2/84±0/75Ac
3	3/35±0/40Ac	2/60±0/50Bbc	2/93±0/25ABc	3/40±0/15Abc
6	3/33±0/21Ac	2/43±0/06Bbc	3/04±0/15Ac	3/07±0/30Abc
9	2/93±0/30Ac	2/55±0/40Abc	2/63±0/15Ac	2/73±0/21Ac
12	4/90±0/23Ab	3/93±0/30Bb	4/20±0/12Bb	4/20±0/15Bb
15	9/13±0/55Aa	6/63±0/30Ca	8/40±0/70Ba	9/00±0/55Aa

داده‌های جدول شامل میانگین± انحراف معیار است. (n= 3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش PV

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر PV

پراکسیدها ترکیبات بدون طعم و بو هستند، که به‌وسیله مصرف‌کنندگان تشخیص داده نمی‌شوند، ولی در مرحله بعدی اکسیداسیون سبب به وجود آمدن ترکیبات ثانویه‌ای مثل آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند که به‌وسیله مصرف‌کنندگان قابل تشخیص است (Özyurt *et al*., 2009). حد مجاز پراکسید 7 تا 8 (meq O_2/kg fat) گزارش شده است (Memon *et al*., 2010). مقدار پراکسید در زمان صفر برای تیمار 1، تیمار 2، تیمار 3 و تیمار 4 به‌ترتیب 3/00، 1/70، 2/32 و 2/84 meq O_2/kg fat بود. مقادیر پراکسید تیمارها به شکل معنی‌داری در مدت زمان نگهداری افزایش یافت ($p<0/05$)، که بیشترین مقدار پراکسید در تیمار 1 و

کمترین مقدار در نمونه حاوی 5 درصد نمک (تیمار 2) مشاهده شد. احتمالا دلیل این امر خاصیت آنتی‌اکسیدانی شکر می‌باشد (Faraji and Lindsay, 2005). همچنین میزان پراکسید در روز 15 نگهداری در تیمار 4 نسبت به تیمار 2 و 3 بیشتر بود، که با نتایج حاصله توسط Guizani و همکاران (2014) مطابقت دارد. Guizani و همکاران (2014) با بررسی اکسیداسیون چربی و تغییرات اسیدهای چرب در ماهی تون (*Thunnus albacares*) دودی گرم شده تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نمک (5، 10 و 15%) بیان کردند که نمونه‌های غوطه‌ور شده در غلظت 10 درصد نمک مقدار پراکسید بالاتری نسبت به بقیه تیمارها داشتند، به‌نظر می‌رسد که نمک در سطح 10 درصد اکسیداسیون چربی را افزایش داده است. همچنین Rhee و Ziprin (2001) بیان کردند که افزودن نمک در سطح 2/5 -0/5 درصد از اکسیداسیون چربی جلوگیری می‌کند.

تیوباربیتوریک اسید

شاخص TBA، میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به‌ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد. روند افزایشی این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها در ماهیچه باشد. آلدهیدها به‌عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون از تجزیه هیدرو پراکسایدها ایجاد می‌شوند. روند افزایشی هیدروپراکسایدها می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد (Gomes *et al*., 2003). طبق نتایج به‌دست آمده در جدول شماره 6، کاهشی در میزان TBA در روز 9 دوره مشاهده شد که ممکن است به دلیل کاهش هیدروپراکسایدها و واکنش بین مالون آلدهید با پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و گلیکوژن باشد و این امر سبب کاهش مقادیر مالون آلدهید گردیده است (Gomes *et al*., 2003). شاخص TBAدرجه ترشیدگی را در محصول نمک سود نشان می‌دهد که مقادیر بالای 4-3 میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم، کیفیت پایین محصولات را نشان می‌دهد (Karacam and Boran, 2003). در مطالعه حاضر پایین‌ترین کیفیت محصول مربوط به تیمار شاهد بود ($p<0/05$) (جدول5). از طرفی تیمارهایی که حاوی شکر بودند مقدار TBA اولیه کمتری در مقایسه با دیگر تیمارها داشتند. Faraji و Lindsay (2005) بیان کردند که شکرها، به‌ویژه آنهایی که وزن مولکولی پائین یا تعداد گروه‌های OH کمتری دارند دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بوده، بنابراین تخریب اکسیداسیونی را تا حدودی کنترل می‌کنند. به علت پایین بودن مقدار TBA در مرحله نگهداری، نمی‌توان از این شاخص به‌عنوان یک شاخص قابل اعتماد جهت تشخیص کیفیت محصولات استفاده نمود (Karacam, *et al*., 2002).

جدول5- تغییرات تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون آلدئید در 100 گرم گوشت ماهی)

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	0/05±0/01^{Ab}	0/04±0/00^{Ac}	0/05±0/00^{Ad}	0/05±0/00^{Ae}
3	0/08±0/01^{Bab}	0/05±0/00^{Cbc}	0/07±0/00^{Bc}	0/13±0/01^{Aa}
6	0/07±0/05^{Aab}	0/07±0/01^{Ab}	0/09±0/01^{Aab}	0/11±0/00^{Ab}
9	0/06±0/00^{Aab}	0/06±0/00^{Bb}	0/07±0/00^{Bc}	0/07±0/00^{ABd}
12	0/11±0/01^{Aa}	0/08±0/00^{Ba}	0/09±0/00^{Bb}	0/09±0/00^{Bc}
15	0/13±0/00^{Aa}	0/09±0/01^{Ca}	0/10±0/00^{Ba}	0/12±0/00^{Ab}

داده‌های جدول شامل میانگین± انحراف معیار است. (n= 3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش TBA

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر TBA

شمارش باکتری کل

بار باکتریایی کل (TVC) اولیه برای گونه‌های مختلف آب شیرین در محدوده بین 2 تا 6 log cfu/g می‌باشد (Gimenez *et al*., 2002; Arashisar *et al*., 2004). مقادیر TVCفیش فینگرهای نگهداری شده در دمای یخچال، در مطالعه حاضر، در جدول 6 نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد طی دوره نگهداری افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر TVCدر نمونه‌های مورد آزمایش صورت پذیرفته است ($p<0/05$). مقایسه تیمارها با تیمار 1 نشان داد که بار باکتریایی در گروه‌های تحت تیمار محلول‌های اسمزی نسبت به تیمار 1 کمتر بوده است. علت این کاهش به‌دلیل اثر نمک در کاهش فعالیت آبی در گوشت بوده که سبب کاهش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها گردیده است (Leroi *et al*., 2000). در پایان دوره، بیشترین میزان بار باکتریایی در تیمار شماره 1 و کمترین میزان در تیمار شماره 2 مشاهده گردید. علت کاهش بار باکتریایی در تیمار 2، می‌تواند به‌واسطه عملکرد متفاوت مولکول‌های شکر در مقایسه با نمک باشد، زیرا مولکول‌های شکر در مقایسه با نمک، کاهش آب بیشتری را سبب می‌شوند (Collignan

and Raoult-Wack, 1994). علاوه بر این تغییر غلظت یونی و فشار اسمزی فیله‌های نمک سود شده برای باکتری‌هایی که با شرایط آب شیرین سازگار هستند، مطلوب نمی‌باشد. همچنین تیمار 4 نسبت به تیمار 2 و 3 بار باکتریایی بیشتری داشته که ممکن است به دلیل افزایش تعداد باکتری‌های نمک دوست (هالوفیل) باشد (Fraser and Sumar, 1998). بر اساس نتایج، مقادیر بار باکتریایی در تمامی تیمارها تا پایان دوره از حد قابل قبول پیشنهادی آن (7log cfu/g) توسط ICMSF (1986) تجاوز نکرد.

جدول 6- تغییرات مقادیر TVC (log cfu/g) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	2/20±0/13^{Ae}	1/80±0/00^{Be}	1/60±0/10^{Bf}	1/83±0/12^{Be}
3	3/10±0/04^{Ad}	2/20±0/20^{Ce}	2/64±0/10^{Be}	2/80±0/04^{Bd}
6	4/04±0/04^{Ac}	3/30±0/21^{Bd}	3/72±0/03^{ABd}	3/91±0/02^{Ac}
9	5/20±0/20^{Ab}	4/20±0/20^{Cc}	4/56±0/06^{Bc}	5/03±0/07^{Ab}
12	6/20±0/04^{Aa}	4/80±0/04^{Cb}	5/54±0/05^{Bb}	5/84±0/30^{Ba}
15	6/32±0/01^{Aa}	5/80±0/04^{Ba}	6/00±0/02^{Ba}	6/04±0/02^{Ba}

داده‌های جدول شامل میانگین± انحراف معیار است. (n= 3)
حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش TVC
حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر TVC

شمارش باکتری‌های سرمادوست

گروه اصلی میکروارگانیسم‌های مسئول فساد ماهی تازه نگهداری شده به‌صورت سرد، باکتری‌های سرمادوست گرم منفی هستند (Sallam, 2007; Gram and Huss, 1996). جدول 8 تغییرات مقادیر بار باکتری‌های سرمادوست را در نمونه‌های فیش فینگر نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، مقدار PTC گروه‌های تحت آزمایش روندی افزایشی داشته که این روند در تیمار 1 شدت بیشتری داشت ($p<0/05$). از نظر بار باکتریایی سرمادوست تیمار 2 دارای کمترین مقدار تا پایان دوره بود که علت آن به‌واسطه کاهش آب بزرگتر توسط مولکول‌های شکر می‌باشد (Collignan and Raoult-Wack, 1994).

جدول 7- تغییرات مقادیر PTC (log cfu/g) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	2/00±0/09^{Ae}	0/80±0/70^{Ce}	1/20±0/20^{Be}	1/30±0/25^{Be}
3	3/12±0/07^{Ad}	1/95±0/22^{Cd}	2/60±0/01^{Bd}	2/84±0/05^{ABd}
6	4/00±0/04^{Ac}	3/35±0/09^{Cc}	3/77±0/06^{Bc}	3/83±0/06^{ABc}
9	5/24±0/20^{Ab}	4/70±0/10^{Bb}	4/80±0/06^{Bb}	5/03±0/07^{Ab}
12	6/13±0/08^{Aa}	5/70±0/01^{Ca}	5/90±0/04^{Ba}	5/90±0/02^{Ba}
15	6/21±0/01^{Aa}	5/92±0/03^{Ca}	6/01±0/02^{Ba}	6/08±0/02^{Ba}

داده‌های جدول شامل میانگین± انحراف معیار است. (n= 3)
حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش PTC
حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر PTC

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی به منزله یکی از روش‌های سنجش کیفیت ماهیان طی دوره نگهداری در مطالعات بسیاری از محققان به‌کار رفته و از آن به منزله روشی مناسب برای برآورد کیفیت ماهی طی دوره نگهداری نام برده شده است (Fan *et al*., 2008; Fan *et al*., 2009; Mexis *et al*., 2009; Ojagh *et al*., 2010). نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد که از لحاظ فاکتور بو و طعم در ابتدای دوره تیمار 2 بالاترین امتیاز و تیمار 1 کمترین امتیاز را دارا بود که این روند تا انتهای دوره ادامه یافت و تیمار 2 همچنان بهترین امتیاز را به لحاظ بو و طعم نشان داد. در واقع با گذشت زمان و پیشرفت فساد، بوی ناشی از آن در تیمار 1 نسبت به گروه‌های دیگر بیشتر می‌گردد که این امر سبب امتیاز بالاتر بو برای گروه‌های تحت تیمار اسمزی گردید. با توجه به جدول 3 و 5

(تغییرات TVB-N و TBA) و تغییرات بو، انطباق جالبی بین کاهش امتیاز بوی نمونه و افزایش TVB-Nو TBAمشاهده می‌شود. این امر نشان‌دهنده تغییرات مولفه بو متناسب با پیشرفت فساد در محصول مورد مطالعه بوده است که با نتایج به‌دست آمده توسط گالاس و کونتامیناز مطابقت دارد (Goulas and Kontominas, 2007).

جدول 8- نتایج ارزیابی حسی برای تیمارهای مختلف نسبت به زمان

مولفه حسی	تیمار	زمان نگهداری (روز) صفر	3	6	9	12	15
بو	1	5/25± 1/30^{ABa}	5/25± 1/70^{Aa}	4/25± 1/03^{Bb}	4/25± 1/03^{Bb}	3/75± 1/03^{Bbc}	3/12± 1/55^{BCc}
	2	6/25± 1/03^{Aa}	5/00± 0/00^{ABb}	5/00± 0/00^{Ab}	5/00± 0/00^{Ab}	5/00± 1/51^{Ab}	4/50± 0/92^{Ab}
	3	5/00± 1/51^{Ba}	4/75± 1/70^{Ba}	4/50± 0/93^{ABa}	4/50± 0/93^{Aa}	4/25± 1/03^{Bb}	3/60± 1/00^{Bc}
	4	5/75± 1/50^{Aa}	5/50± 1/80^{Aa}	4/75± 1/30^{Ab}	4/00± 1/07^{ABbc}	3/75± 1/03^{Bc}	3/25± 1/90^{Cd}
طعم	1	5/25± 1/30^{ABa}	4/90± 2/41^{Aa}	3/62± 1/80^{Bb}	3/50± 0/92^{Bb}	2/90± 1/36^{Bbc}	1/90± 1/55^{Bc}
	2	6/50± 0/92^{Aa}	5/00± 1/51^{Ab}	5/00± 1/07^{Ab}	5/00± 0/00^{Ab}	4/75± 0/70^{Ab}	4/25± 1/03^{Ab}
	3	4/75± 1/67^{Ba}	4/50± 0/93^{Aa}	3/62± 1/80^{Bb}	3/62± 1/80^{Bb}	3/40± 1/70^{Bb}	2/90± 1/55^{Bc}
	4	6/00± 1/07^{Aa}	4/90± 2/64^{Ab}	3/50± 0/93^{Bc}	3/40± 1/70^{Bc}	3/12± 1/55^{Bcd}	2/50± 1/70^{Bd}
رنگ	1	5/50± 1/41^{Aa}	5/00± 1/51^{ABa}	4/25± 1/03^{Bb}	4/12± 1/80^{Bb}	3/90± 1/80^{Bb}	2/75± 1/03^{Ab}
	2	6/00± 1/51^{Aa}	6/00± 1/07^{Aa}	5/25± 1/30^{Aab}	5/00± 1/07^{Ab}	4/50± 1/41^{Ab}	4/12± 1/80^{Ab}
	3	6/00± 1/85^{Aa}	4/75± 1/30^{Bb}	4/75± 0/71^{Ab}	4/25± 1/03^{ABb}	4/00± 1/51^{ABbc}	3/75± 1/90^{Bc}
	4	5/75± 1/83^{Aa}	5/00± 1/85^{ABab}	4/75± 0/71^{Ab}	4/75± 0/71^{Ab}	4/75± 0/71^{Ab}	3/50± 0/93^{Ac}
بافت	1	5/50± 0/93^{ABa}	5/25± 1/30^{ABa}	3/75± 1/03^{Bb}	2/90± 1/36^{Bbc}	2/62± 1/06^{Cbc}	1/40± 2/00^{Cc}
	2	6/25± 1/03^{Aa}	6/00± 1/07^{Aa}	6/00± 1/07^{Aa}	5/00± 0/00^{Ab}	4/90± 2/41^{Ab}	4/75± 0/71^{Ab}
	3	5/00± 1/51^{Ba}	5/00± 1/51^{Ba}	3/50± 0/93^{Bb}	3/40± 1/70^{Bb}	3/25± 0/71^{Bb}	3/00± 0/00^{Bb}
	4	6/00± 1/07^{Aa}	5/75± 1/83^{Aa}	3/75± 1/03^{Bb}	3/75± 1/03^{Bb}	3/50± 0/93^{Bb}	2/50± 1/70^{Bc}
پذیرش کلی	1	5/25± 0/71^{Ba}	5/00± 1/51^{ABa}	3/62± 1/80^{Bb}	3/12± 1/55^{Bbc}	2/80± 1/36^{Bc}	2/50± 1/36^{Cc}
	2	6/50± 0/92^{Aa}	5/50± 0/92^{Ab}	5/00± 1/07^{Abc}	5/00± 0/00^{Abc}	5/00± 0/00^{Abc}	4/75± 1/67^{Ac}
	3	5/00± 1/51^{Ba}	4/50± 0/93^{Ba}	4/25± 1/03^{ABb}	3/90± 1/81^{Bbc}	3/75± 1/03^{Bbc}	3/40± 1/70^{Bc}
	4	6/00± 1/07^{ABa}	4/90± 2/42^{ABb}	4/25± 1/03^{ABbc}	4/00± 1/07^{ABc}	3/00± 2/07^{Bd}	2/70± 0/00^{Cd}

داده‌های جدول شامل میانگین±انحراف معیار است (n= 7).

حروف بزرگ (A,B,..) در هر ستون نشانه تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p<0/05$).

حروف کوچک (a,b,..) در هر سطر نشانه تفاوت معنی‌دار در زمان‌های مختلفاست ($p<0/05$).

به‌لحاظ رنگ در شروع دوره بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0/05$)، ولی در انتهای دوره تیمار 1کمترین امتیاز رنگ را دارا بود. یکی از دلایل کاهش امتیاز رنگ طی نگهداری افزایش فساد می‌باشد. رنگ قرمز مایل به صورتی گوشت ماهی به‌طور غالب ناشی از رنگدانه‌های هم موجود در آن است. با افزایش فساد ماهی، کمپلکس "هم" تخریب شده و یون آهن آزاد می‌شود. البته این یون‌های فلزی خود به‌عنوان پراکسیدان نقش مهمی در اکسیداسیون چربی‌ها بازی می‌کنند (Otwell *et al*., 2006). با کند شدن روند فساد فیله‌ها تحت اثر محلول‌های اسمزی به کار برده شده در این پژوهش، نمونه‌های تحت تیمار اسمزی از امتیاز رنگ بهتری نسبت به نمونه تیمار 1 برخوردار شدند. همچنین مقایسه بین تیمارها به لحاظ بافت، نشان داد که تیمار 1 به لحاظ بافت پایین‌ترین امتیاز را به‌خود اختصاص داده ($p<0/05$) و تیمار 2 بهترین امتیاز بافت را در کل دوره نشان داد. به‌طور کلی قدرت نگهداری آب در گوشت ماهی از عوامل تعیین‌کننده کیفیت بافت بوده و خود به‌طور مستقیم با مقدار پروتئین‌های میوفیبریل ارتباط دارد (Suvanich *et al*., 2000). تغییر در ظرفیت نگهداری آب پروتئین‌های میوفیبریل که ناشی از تغییر ماهیت این پروتئین‌ها است (Gomez-Guillen *et al*., 1997)، سبب کاهش کیفیت بافتی می‌گردد. با توجه به اینکه محلول‌های اسمزی، سبب کاهش فعالیت آب (Leroi *et al*., 2000)، کاهش فعالیت میکروارگانیزم‌ها و در نهایت

کاهش دناتوره شدن پروتئین‌ها می‌گردند، منجر به کاهش از دست دادن آب و تغییر کمتر ویژگی‌های بافتی می‌شوند (Jeevanandam *et al*., 2001).با گذشت زمان هرچه بافت محصول نرمتر می‌شود، بوی آن به سوی آمونیاکی شدن پیش رفته و رنگ آن شفاف‌تر می‌شود که تمامی این پارامترها در مجموع باعث کاهش پذیرش کلی محصول می‌گردد. تیمارهای حاوی شکر بافت بهتری داشتند. دلیل این امر، عملکرد ویژه مولکول‌های شکر می‌باشد. زیرامولکول‌های شکر قادرند استحکام ساختار پروتئین‌ها را بهتر حفظ کرده و سرعت انباشتگی را کاهش دهند که در نهایت منجر به حفظ بهتر حلالیت پروتئین‌ها گردیده و بافت بهتری برای محصول حاصل می‌شود (Herrera and Mackie, 2004).

بر اساس نتایج بررسی‌های حسی، عمر ماندگاری نمونه تیمار 1 و نمونه‌های نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد برای نمونه تیمار اول10 روز، نمونه‌های تیمار دوم 15 روز، تیمار سوم 12 روز و تیمار چهارم 11 روز تعیین شد. روند تغییر وضعیت ویژگی‌های حسی در تیمارها طی مدت نگهداری هماهنگ و همسو با تغییرات اکسیداسیون در تیمارهای مورد آزمایش بود. این موضوع را می‌توان به اکسیداسیون چربی نسبت داد که باعث تخریب و افت کیفیت حسی و کاهش مقدار مواد مغذی از جمله اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA)[6] و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیونی در محصول می‌شود (Kolakowska *et al*., 2006). بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی، تیمار شماره 2 به‌عنوان بهترین تیمار به لحاظ مقبولیت فاکتورهای حسی توسط ارزیاب‌ها انتخاب گردید.

نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر اندازه‌گیری تاثیر تیمارهای نمک و شکر بر ویژگی‌های کیفی فیش فینگر کپور نقره‌ای و بررسی پتانسیل کاربرد اسمز به‌عنوان تیمار حداقلی برای توسعه ماندگاری فرآورده‌های ماهی بوده است. شرایط زمان- دما (30 دقیقه و 4°C) منجر به کاهش فعالیت آب و افزایش ثبات محصول نهایی گردید. در این مطالعه بار میکروبی با روند فساد هماهنگ و همسو نبوده که علت آن به‌واسطه کاهش فعالیت آب طی تیمار اسمزی و اثر نگهدارنده نمک و شکر در فیش فینگرها بود. اگرچه نمک ماندگاری گوشت را افزایش می‌دهد، ولی تماس ماهی با غلظت‌های بالای نمک، آبزدائی پروتئین‌های عضله را افزایش داده، تعادل پروتئین- پروتئین و واکنش‌های پروتئین- آب را تغییر داده و در نتیجه امتیاز کیفیت را کاهش داد.تیمار اسمزی باعث افزایش زمان ماندگاری فیله‌ها و محصولات آن‌ها گردید که این افزایش به علت اثر ممانعتی این محلول‌ها در مقابل رشد باکتری‌های عامل فساد بوده، که نهایتا منجر به کاهش محصولاتی ناشی از فساد مانند TBA و TVB-N گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که محلول‌های اسمزی پتانسیل جایگزین شدن تیمارهای حرارتی و شیمیایی را برای تولید یک محصول با کیفیت و سالم با ظاهری مورد پسند مصرف‌کنندگان دارند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از همکاری صمیمانه آقایان مهندس راهداری، کیخا و امیری (پژوهشکده تالاب هامون)، حیدری و دهمرده (کارشناس گروه شیلات دانشگاه زابل) و آقای مهندس نورافر نهایت امتنان را دارند.

منابع

Al-Bulushi, I., Kasapis, S., Al-oufi, H. and Al-Mamaris, S. 2005. Evaluating the quality and storage stability of fish burgers during frozen storage. *Fisheries Science*, 71(3): 648-654.

AOAC. 2000.Official methods of analysis. 17th Association of official analytical chemists, Procedure, *Washington*, DC.

Arashisar, S., Hisara, O., Kayab, M. and Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 97:209-14.

Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S.P. and Hosseini, H. 2010. Chemical changes in silver carp minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. GRASA, YACETTES, 61(1): 95-101.

ASTM. 1969. Manual on sensory testing methods. American Society for Testing and Materials, 1916. Race Street, Philadelphia, Pa. 19103, pp: 34-42.

Auh, J.H., Lee, H.G., Kim, J.W., Kim, J.C., Yoon, H.S.and Park, K.H. 1999. Highly concentrated branched oligosaccharides as cryoprotectant for surimi. *Journal of Food Science*, 64(3): 418–422.

Bochi, V.C., Weber, J., Ribeiro, C.P., Victörio, A.M. and Emanuelli, F. 2008. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdiaquelen*) filleting residue. *Bioresource Technology*, 99: 8844-8849.

Bohuon, P.,Collignan, A., Rios, G.M. and Raoult-Wack, A.L. 1998. Soaking process in ternary liquids: Experimental study of mass transport under natural and forced convection. *Journal of Food Engineering*, 37: 451-469.

Bolin, H.R., Huxsoll, C.C., Jackson, R. and Ng, K.C. 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science*, 48: 202-205.

6 Polyunsaturated fatty acids

Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 94:223-253.

Cadun, A., Cakli, D. and Çaklı, S. 2008. Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. *Food Chemistry*, 109:81-87.

Calo-Mata, P., Arlindo, S., Boehme, K., de Miguel, T., Pascoal, A. and Barros-Velazquez, J. 2008. Current applications and future trends oflactic acid bacteria and their bacteriocins for the biopreservation of aquatic food products. *Journal of Food and Bioprocess Technology*, 1(1): 43–63.

Collignan, A. and Raoult-Wack, A.L.1994. Dewatering and salting of cod by emmersion in concentrated sugar/salt solutions. *Lebens- mittel-Wisseschaft and Technologie*, 27: 259-264.

Collignan, A., Bohuom, P., Deumier, F. and Poligné, I. 2001. Osmotic treatment of fish and meat product. *Journal of Food Engineering*, 49 (2-3): 153-162.

Davidson, P.M. and Zivanivic, S. 2003. The use of natural antimicrobials.In: Zeuthen P and Bogh-Sorensen L. (Eds.), Food preservation techniques. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Washington, pp: 5-8.

Egan, H., Kirk, R.S., Sawyer, R. and Pearson, D. 1997. Chemical Analysis of food. 9thEdn. *Longman Scientific and Technical*; pp: 609-634.

Elyasi, A., 2009. Fish finger production of rearing Iranian cyprinidae, Master science seminar, Zabol University,pp: 9-18.

Fan, W., Chi, Y. and Zhang, S. 2008. The use of a tea polyphenol dips to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 108(1): 148–153.

Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, 115(1): 66–70.

Faraji, H. and Lindsay, R.C. 2005. Antioxidant protection of bulk fish oil by dispersed sugars and polyhydric alcohols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 736–744.

Favetto, G., Chirife, J. and Bartholomai, G.B.1981. A study of water activity lowering in meat during immersion cooking in sodium chloride-glycerol solution. II.Kinetics of a_w lowering and effect of some process variables. *Journal of Food Technology*, 16: 621-628.

Fraser,O.P. and Sumar, S. 1998. Compositional changes and spoilage in fish (part II), microbiological induced deterioration. *Nut Food Science*,6: 525-322.

Gimenez, B., Roncales, P. and Beltran, J.A. 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal Science Food Agriculture*, 84: 1154-59.

Gomes, H.A., Silva, E.N., Nascimento, M.R.L. and Fukuma, H.T. 2003. Evaluation of the 2- thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Journal of Food Chemistry*, 80: 433-7.

Gomez-Guillen, M.C., Mendes, R. and Montero, P. 1997. The effect of washing water parameters (pH, hardness and sodium pyrophosphate content) on the water holding capacity and gelatin characteristics of sardine (*Sardine pilchardus*) mince. *International Journal Food Research Technology*, 204: 13-20.

Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomberjaponicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93: 511–520.

Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 100: 287-296.

Gram, L. and Huss, H.H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Journal of Food Microbiology*, 33:121-37.

Guizani, N., Rahman, M.S., Al- Ruzeiqi, M.H., Al- Sabahi, J.N. and Sureshchandran, S. 2014. Effect of brine concentration on lipid oxidation and fatty acids profile of hot smoked tuna (*Thunnus albacares*) stored at refrigerated temperature. *Journal of Food Science Technology*, 51 (3): 577-582.

Herrera, J.J.R. and MacKie, I.M. 2004. Cryoprotection of frozen stored actomyosin of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by some sugars and polyols. *Food Chemistry*, 84 (1): 91–97.

Hong, H., Luo, Y., Zhou, Z. and Shen, H. 2012. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4˚C. *Food Chemistry*, 133:102-107.

Huidobro, A., Mendes, R. and Nunes, M.L. 2001. Slaughtering of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality.*European Food Research and Technology*, 213: 267-272.

ICMSF "International commission on microbiological specifications for food" 1986. *Microorganisms in foods*. 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and scientific applications. 2nd ed. Buffalo, NY: University of Toronto Press.

Jeevanandam, K., Kakatkar, A., Doke, S.N., Bongiwar, V. and Venugopal, V. 2001. Influence of salting and gamma irradiation on the shelf-life extension of threadfin breamin ice. *Food Research International*, 34: 739-746.

Jittinandana, S., Kenney, P. B., Slider, S. D. and Kiser, R. A. 2002. Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 67(6): 2095–2099.

Karacam, H., Kutlu, S. and Kose, S. 2002. Effect of salt concentrations and temperature on the quality and shelf life of brined anchovies. *International Journal of Food Science and Technology*, 37:19-28.

Karacam, H. and Boran, M. 2003. Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at -18°C. *International Journal of Food Science and Technology*, 31 (6):527-531.

Kim- K, S., and Lee, E.H. 1986. Food components of wild and cultured fresh water fishes, *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, pp: 195-211.

Koli, J.M., Basu, S., Nayak, B.B., Kannuchamy, N. and Gudipati, V. 2011. Improvement of gel strength and melting point of fish gelatin by addition of coenhancers using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 76(6): E503-E509.

Kolakowska, A., Zienkowicz, L., Domiszewski, Z. and Bienkieqicz, G. 2006. Lipid changes and sensory quality of whole- and gutted rainbow trout during storage in ice. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 36(1): 39-47.

Leroi, F., Joffraud, J.J. and Chevalier, F. 2000. Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold-smoked salmon during storage at 5ºC as estimated by the factorial design method. *Journal of Food Protection*, 63(4): 502–508.

Lin, C.C. and Lin, C.S. 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea extracts. *Food Chemistry*, 16(2): 169-175.

Manju, S., Srinivasa Gopal, T.K., Jose, L., Ravishankar, C.N. and Ashok Kumar, K. 2007. Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbatedip treated and vacuum packed Black Pomfret (*Parastromateus niger*) and Pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chemistry*, 102 93): 699–706.

Mexis, S.F., Chouliara, E. and Kontominas, M.G. 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 degrees C. *Food Microbiology*, 26(6), 598-605.

Namulema, A., Muyonga, J.H. and Kaaya, N. A.1999. Quality deterioration in frozen Nile Perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27^{0}C. *Food Research International*, 32 (2):151-156.

Memon, N.N., Talpur, F. N., Sherazi, S.T.H. and Bhanger, M.I. 2010. Impact of refrigerated storage on quality of oil from fresh water Jarko (*Wallago attu*) fish. *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry*, 11(2):37-43.

Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120 (1):193-198.

Otwell, W.S., Kristinsson, H.G. and Balaban, M.O. 2006. Modified atmospheric processing and packaging of fish, filtered smokes, carbon monoxide, and reduced oxygen packaging. Blackwell Press, 243 p.

Özogul, F., Taylor, K. D. A., Quantick, P. and Özogul, Y. 2000. Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. *Food Chemistry*, 71(2): 267–273.

Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S. and Özogul, F. 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 114:505-510.

Park, J.W. and Lanier, T.C.1987. Combined effects of phosphates and sugar or polyol on protein stabilization of fish myofibrils. *Journal of Food Science*, 52(6): 1509- 1513.

Pérez-Alonso, F, Arias, C. and Aubourg, S.P. 2003. Lipid deterioration during chilled storage of Atlantic Pomfret (*Brama brama*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105 (11):661-7.

Razavi-Shirazi, H. 2002. Seafood Technology: Processing Science, Naghsh-e Mehr Publication, Tehran, Iran [In Persian].

Rezaei, M, Sahari, M.A., Moeini, S., Safari, M. and Ghaffari, F. 2003. Comparison quality oil of anchovy kilka in two methods of transport and cold storage. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 3:97-108 [in Persian].

Rhee, K.S. and Ziprin, Y.A. 2001. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. *Meat Science*, 57 (1):105–112.

Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J. M. and Diaz, O. 2011. Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): influence of the plasticizer and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, 128(1), 187–194.

Sallam, K.I. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*, 18 (5):566-575.

Sallam, Kh.I., Ishioroshi, M., and Samejima, K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage, *LWT: Food Science and Technology*, 37 (8):849-559.

Schubring, R. 1999. DSC Studies on deep frozen fishery products. *Thermochimica Acta*, 337 (1-2):89-95.

Shevik-Lou, G.h. 1999. A Guide to Production of Fish Paste and Fish Paste Products. Tehran: Naghshe Mehr. pp. 2-12 [In Persian].

Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J. and Luo, Y. 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3–4): 608–615.

Song, Y., Luo, Y., You, J., Shen, H. and Hu, S. 2012. Biochemical, sensory and microbiological attributes of bream (*Megalobrama amblycephala*) during partial freezing and chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1):197–202.

Suvanich, V., Jahncke, M.L.and Marshall, D.L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Journal of Food Science,* 65(1): 24-29.

Tiffney, P. and Mills, A. 1982. Storage trials of controlled atmosphere packaged fish products. Tech. Rep. No. 191. Sea Fish Industry Authority.

Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G. and Enver, C., 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio*), during frozen storage. *Food Chemistry*,99: 335-341.

Tsironi, T., Salapa, I. and Taoukis, P. 2009. Shelf life modeling of osmotically treated chilled gilthead seabream fillets. *Journal of Food Science and Emerging Technologies*, 10: 23-31.

Yanar, Y., Çelik, M. and Akamca, E. 2006. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4°C. *Food Chemistry*, 97: 244-247.

Yasin, N.M.N. and Abou-Taleb, M., 2007. Antioxidant and antimicrobial effects of marjoram and thyme in coated refrigerated semi fried mullet fish fillets. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 2 (1): 01-09.

Yatsunami, K. and Takenaka, T. 1996. Changes in nitrogenous components and protease activity of fermented sardine with ricebran. *Journal of Fisheries Science*, 62:780-795.

Yilmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M. and Yilmaz, H., 2009. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of Listeria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Muscle Foods,* 20(4): 465–477.

Yu, S. Y. and Siah, W. M. 1998. Development and acceptability of burgers made from *Selaroides leptolepis* and *Aristichthys nobilis*. *Asian Fisheries Science*, 10: 329-337.

Zakipour Rahimabadi, E. and Divband, M. 2012. The Effects of Coating and *Zataria multiflora* Boiss Essential Oil on Chemical Attributes of Silver Carp Fillet Stored at 4 ºC. *International Food Research Journal*, 19 (2): 685- 690.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 2, June. July. 2020, p. 193- 205

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 2، خرداد- تیر 1399، ص. 205-193

Physicochemical, microbial and sensory characteristics of fish fingers made from treated silver carp fillet by salt and sugar solutions during refrigerated storage

M. Zolfaghari[1], E. Zakipour Rahimabadi, E[2]*, M. Rigi[3], M. Alipour Eskandani[4]

Received: 2019.07.10
Accepted: 2019.07.20

Introduction: Seafood is among the very perishable foodstuffs. For this reason, a lot of researches have focused on improving the quality of fish and increasing the shelf-life of fishery products, including the use of edible films, modified atmosphere, freezing and control of temperature. Storage in the refrigerator is one of the methods used in fish supply centers to keep quality and extend the product shelf-life. The storage of fish and seafood in the refrigerator decreases the enzymatic and chemical activity and activity of microorganisms. However, undesirable changes occur during refrigerator storage, which leads to a decrease in quality. Therefore, it is necessary to maintain the product quality by combining protective factors. The aim of the present study was to evaluate the preservation effects of salt/sugar solutions treatment on quality of fish fingers made from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during refrigerated storage (4ºC).

Materials and methods: The prepared fillets (about 100 g in weight) were soaked in cold 10% salt/sugar solutions for 30 min, allowed to drain for 15 min in refrigerator and after bone separation were minced. Fish fingers were prepared after adding the ingredients and mixing, and then packaged and stored in refrigerator for 15 days. The treatments of study were as: fish fingers without any treatment (control sample), samples made from treated fillet with salt/sugar solution (50 / 50) (T2), samples made from treated fillet with salt/sugar solution (75 / 25) (T3) and fish fingers made from treated fillet with salt solution (100 %) (T4). Physicochemical, microbial (TVC and PTC) and sensory characteristics were measured at days 0, 3, 6, 9, 12 and 15.

Results and discussion: PV, TBA and TVB-N values were increased significantly in all treatments ($p<0.05$). Lowest TVC count was obtained in treatment 2 at day 15 (5.8 log CFU/g). According to the obtained results, treatment 2 was the best treatment in sensory characteristics. Osmotic treatment increased the shelf-life of fillets and their products, due to the effect of preventing these solutions against the growth of spoilage bacteria, which ultimately resulted in the reduction of corrosive products such as TBA and TVB- N. The results of this study showed that osmotic solutions have the potential to replace the thermal and chemical treatments to produce a quality and healthy product with an apparent consumer sentiment.

Key words: Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), Fish finger, Quality characteristics, Salt, Sugar

1. M.Sc. in Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol.
2. Associate Professor in Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sawmeh Sara, 09112378479.
3. Academic Staff of Hamoon International Wetland Research Institute, University of Zabol, Zabol, Iran.
4. Associate Professor in Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zabol, Zabol.
(*Corresponding author's email: e_zakipour@yahoo.com)